

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-276221

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 L 12/28

H 0 4 Q 3/00

識別記号

F I

H 0 4 L 11/20

H 0 4 Q 3/00

G

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平10-56343

(22) 出願日 平成10年(1998) 3 月 9 日

(31) 優先権主張番号 0 8 / 8 2 3 1 5 5

(32) 優先日 1997年 3 月25日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESSES MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ゲアリー・スコット・デルブ

アメリカ合衆国55906 ミネソタ州ロチェスターノーサーン・ピオラ・レーン ノースイースト 1714

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

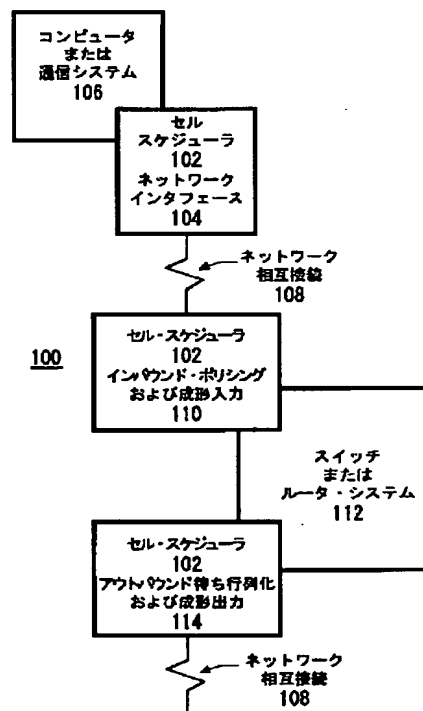
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セル伝送のスケジューリング方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 通信ネットワークでデータ・ストリームのセル伝送をスケジューリングする方法及び装置の提供。

【解決手段】 各データ・ストリームが遅延限界値(デッドライン)を有し、そのデータは対応するデータ・セル待ち行列に入れられる。各データ・セル待ち行列の識別された目標伝送時間に基づくタイミング・ホイール・タイム・スロットが、最大遅延値の加算から計算される。前方移動タイミング機構は、連続した仮想接続または伝送用のデータ・ストリーム・セル待ち行列を識別するための前方走査機能を含む。複数のタイミング・ホイールを含む多層セル・スケジューラが提供され、第1のタイミング・ホイールの優先順位は、第2のそれより高く、第2のそれは、ベスト・エフォート動作モードを含む第3のそれより高い。第3のタイミング・ホイールは、各データ・ストリーム間の相対速度は維持されるが、絶対速度は優先順位が最低のホイール中で増減される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法であって、

各データ・ストリームのデータを対応するデータ・セル待ち行列に入れるステップと、

各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記のデータ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算するステップと、

前記の計算された次の各目標伝送時間に応答して、最大遅延値の加算を利用してタイミング・ホイール中のタイム・スロットを計算し、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を設定し、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の前記の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶するステップと、

現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査することによって、伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択するステップと、

前記アクティブ表示の識別に応答して、伝送する最初のデータ・セル待ち行列を処理して前記データ・セル待ち行列を再スケジューリングするステップと、

前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからのエントリがあるかどうかを検査することによって、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動するステップと、

前記エントリの識別に応答して、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットの識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかの検査に戻るステップと、

空タイム・スロットの識別に応答して、現時間値を前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較するステップと、

現時間値が前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しいことに応答して、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義の範囲内のいずれかのタイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査するステップとを含む方法。

【請求項2】前記範囲内の最初のタイミング・ホイール・タイム・スロットからの最初に識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかの検査に戻るステップを含む、請求項1に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法。

【請求項3】前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットより大きい前記現時間値の識別に応答して、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動し、前

記現タイム・スロットに対する前記アクティブ表示があるかどうかの検査に戻るステップを含む、請求項1に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法。

【請求項4】各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記の各データ・セル待ち行列ごとに前記目標伝送時間を計算するステップが、タイミング・ホイール・タイム・スロット間隔に関して次の計算アルゴリズム

10 新タイムスタンプ=MAX (旧タイムスタンプ+持続間隔、現時間-バースト限界値)

を使ってピーク伝送速度および持続可能伝送速度接続パラメータを維持するステップとを含む、請求項1に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法。

【請求項5】最大遅延値の加算を利用して前記タイミング・ホイール中の前記タイム・スロットを計算するステップが、次の計算アルゴリズム

20 新タイム・スロット=MAX (タイムスタンプ+持続間隔、現時間+ピーク間隔)+最大遅延値

を使用するステップを含む、請求項4に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法。

【請求項6】各データ・ストリームのデータを前記の対応するデータ・セル待ち行列に入れる前記ステップが、前記各データ・ストリームのデータを前記各データ・ストリーム用の少なくとも1つの論理チャネル記述子に待ち行列化するステップを含む、請求項1に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法。

【請求項7】通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする装置であって、

対応するデータ・セル待ち行列に入れた各データ・ストリームのデータを記憶するメモリ手段と、

各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記各データ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算する手段と、

40 前記の計算された次の目標伝送時間に応答して、最大遅延値の加算を利用してタイミング・ホイール中のタイム・スロットを計算する手段、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を記憶する手段、および前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の前記の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶する手段と、

現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段を含む、伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択する手段と、

50 前記アクティブ表示の識別に応答して、伝送する最初のデータ・セル待ち行列を処理し、前記データ・セル待ち

## 3

行列を再スケジューリングする手段と、  
前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの  
エン트리があるかどうかを検査する手段を含む、次の  
タイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動する手  
段と、

前記エン트리検査手段に応答して、前記現タイミング・  
ホイール・タイム・スロットからの識別されたエン트리  
を処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロ  
ットからの次のエン트리があるかどうか検査する手段  
と、

前記エン트리検査手段で空のタイム・スロットが識別さ  
れたのに応答して、現時間値を前記現タイミング・ホイ  
ール・タイム・スロットと比較する手段と、  
前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小  
さいかそれと等しい現時間値の識別に応答して、事前定義  
された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のい  
ずれかのタイム・スロット中に前記アクティブ表示がある  
かどうかを検査する手段とを含む装置。

【請求項8】前記範囲内の最初のタイミング・ホイール  
・タイム・スロットからの最初に識別されたエントリを  
処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロ  
ットからの次のエン트리があるかどうかを検査する手段を  
さらに含む、請求項7に記載の通信ネットワークにおい  
て複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジュー  
リングする装置。

【請求項9】前記タイミング・ホイール・スロットより  
大きい現時間値の識別に応答して、次のタイミング・ホ  
イール・タイム・スロットへ移動し、前記現タイム・ス  
ロットに対する前記アクティブ表示があるかどうかを検  
査する手段をさらに含む、請求項7に記載の通信ネット  
ワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送  
をスケジューリングする装置。

【請求項10】前記タイミング・ホイール・タイム・ス  
ロットを超える計算された次の目標伝送時間に応答する  
最後のアクティブ・バケットをさらに含む、請求項7に  
記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリ  
ームのセルの伝送をスケジューリングする装置。

【請求項11】通信ネットワークにおいて複数のデータ  
・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするアー  
リエスト・デッドライン・ファースト（EDF）スケ  
ジュールであって、

複数のデータ・ストリームのそれぞれについて対応する  
データ・セル待ち行列を記憶するメモリ手段と、  
遅延限界値を含む各データ待ち行列ごとの所定の論理チ  
ャネル制御パラメータ値を記憶する手段と、  
前記データ・セル待ち行列を指すポインタのアレイを記  
憶し、タイミング・ホイール・タイム・スロットの占有  
ビット・マップを記憶するタイミング・ホイール手段  
と、

各データ・セルごとの目標伝送時間を計算し、前記遅延

## 4

限界値の加算を利用して各データ・セル待ち行列ごとの  
タイミング・ホイール・タイム・スロットを計算する手  
段と、

前記タイミング・ホイール・タイム・スロットを前方に  
移動して、伝送する一連のデータ・ストリーム・セル待  
ち行列を識別するタイミング手段であって、

前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの  
エン트리があるかどうかを検査する手段と、

前記エン트리検査手段に応答して、前記現タイミング・  
ホイール・タイム・スロットからの識別されたエントリ  
を処理する手段と、

前記エン트리検査手段で空タイム・スロットが識別され  
たのに応答して、現時間値を前記タイミング・ホイール  
・タイム・スロットと比較する手段とを含むタイミング  
手段と、

前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小  
さいかそれと等しい現時間値の識別に応答して、事前定義  
された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のタイ  
ム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを  
検査する手段とを含む、アーリエスト・デッドライン・  
ファースト（EDF）スケジューラ。

【請求項12】前記タイミング手段が、前記範囲内の最  
初のタイミング・ホイール・タイム・スロットからの最  
初に識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・  
ホイール・タイム・スロットからの次のエン트리がある  
かどうかを検査する手段をさらに含む、請求項11に記  
載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリー  
ムのセルおよびフレームの伝送をスケジューリングする  
アーリエスト・デッドライン・ファースト（EDF）ス  
ケジューラ。

【請求項13】前記タイミング手段が、前記現タイミン  
グ・ホイール・スロットより大きい現時間値の識別に応  
答して、次のタイミング・ホイール・タイム・スロット  
へ移動し、前記現タイム・スロットに対する前記アク  
ティブ表示があるかどうかを検査する手段をさらに含む、  
請求項11に記載の通信ネットワークにおいて複数のデ  
ータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする  
アーリエスト・デッドライン・ファースト（EDF）ス  
ケジューラ。

【請求項14】前記タイミング・ホイール・タイム・ス  
ロットを超える計算された次の目標伝送時間に応答する  
最後のアクティブ・バケットをさらに含む、請求項11  
に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・スト  
リームのセルの伝送をスケジューリングするアーリエ  
スト・デッドライン・ファースト（EDF）スケジュー  
ラ。

【請求項15】ネットワーク・インタフェースを含む少  
なくとも1つの通信システムと、  
前記ネットワーク・インタフェースと共に含まれ、各デ  
ータ・ストリームの待ち行列化されたデータの対応する

データ・セル待ち行列を記憶するセル・スケジューラと、  
 各データ・ストリーム of 所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記データ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算する手段と、  
 前記の次の目標伝送時間計算手段に回答して、最大遅延値の加算を利用してタイミング・ホイール中のタイム・スロットを計算する手段、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を記憶する手段、および前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の前記の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶する手段と、  
 現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段を含む、伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択する手段と、  
 前記アクティブ表示の識別に回答して、伝送する最初のデータ・セル待ち行列を処理し、前記データ・セル待ち行列を再スケジューリングする手段と、  
 前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからのエントリがあるかどうかを検査する手段を含む、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動する手段と、  
 前記エントリ検査手段に回答して、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかを検査する手段と、  
 前記エントリ検査手段で空タイム・スロットが識別されたのに回答して、現時間値を前記タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較する手段と、  
 前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しい現時間値の識別に回答して、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のいずれかのタイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段とを含む通信ネットワーク。  
 【請求項16】通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラであって、  
 複数のデータ・ストリームのそれぞれについて対応するデータ・セル待ち行列を記憶するメモリ手段と、  
 各データ待ち行列に対する所定の論理チャネル制御パラメータ値を記憶する手段と、  
 各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記各データ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算する手段と、  
 前記の計算された次の各目標伝送時間に回答して、優先順位のより高いタイミング・ホイールまたは優先順位のより低いタイミング・ホイールを選択する手段、前記の選択されたタイミング・ホイール中のタイミング・ホイール・タイム・スロットを計算する手段、前記の識別さ

れたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を設定する手段、および前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶する手段と、  
 前記タイミング・ホイール上でスケジューリングの機会を識別する手段、およびスケジューリングの機会が識別されたのに回答して前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールから前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールへ移動する手段とを含む、次に伝送されるデータ・セル待ち行列を選択する手段とを含む多層セル・スケジューラ。  
 【請求項17】前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれる、請求項16に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。  
 【請求項18】前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、請求項16に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。  
 【請求項19】前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、請求項16に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。  
 【請求項20】優先順位が中間のタイミング・ホイールを含む、請求項16に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。  
 【請求項21】前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位が中間のタイミング・ホイールに優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、請求項20に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

【請求項22】事前定義された疑似データ・セル待ち行列を使って、前記の優先順位のより高いリーキー・パケット・タイミング・ホイールおよび前記の優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールの少なくとも一方でスケジューリングの機会を定義する手段をさらに含み、

前記各データ・セル待ち行列ごとの前記目標伝送時間を各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って計算する手段が、前記の事前定義された疑似データ・セル待ち行列を含み、前記事前定義された、疑似データ・セル待ち行列に対する前記の識別された目標伝送時間が、複数の優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイール・タイム・スロットのスケジューリング機会を定義する、請求項21に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

【請求項23】伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択する前記手段が、前記の優先順位のより高いリーキー・パケット・タイミング・ホイールの現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段と、前記現フレーム中に前記アクティブ表示が存在しないのに応答して次のフレームを読み取る手段と、前記の優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールからのエントリを前記の優先順位のより高いリーキー・パケット・タイミング・ホイールと前記の優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールの少なくとも一方へ移動する手段とを含む、請求項21に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、データ通信ネットワークを経由する複数のデータ・ストリームのスケジューリング、より詳細には、伝送するまたは渡すことのできるデータを含む複数の潜在的なストリームがある場合に、セルまたはパケットを伝送するまたは渡すかの選択に関する。さらに本発明は、複数の接続をその予約データ速度および遅延限界値によって分類する方法を記述する。この遅延限界値はデッドラインとも呼ばれる。

【0002】

【従来の技術】マルチ媒体通信は、対話環境におけるコンピュータ・データ処理、オーディオ／ビデオ、およびディスプレイ技術を融合するものである。デスクトップ・コンピュータ会議やビデオオンデマンドなど発展しつつあるマルチ媒体アプリケーションには、共用または共通のリアルタイム・データへのネットワーク・アクセスが必要である。

【0003】マルチ媒体ストリームの移送用のMotion Pictures Experts Group (MPEG)-2規格は、「MPEG-2 International Organization for Standardization, Organization Internationale De Normalisation (ISO/IEC/ITC1/SC29/WG11) Coding of Moving Pictures and Associated Audio」に記載されている。MPEG-2規格は、複数の媒体ソースを内蔵タイム・スタンプまたはプログラム・クロック・レファレンス (PCR) を備えた単一のデータ・ストリームに統合するシステム・レイヤを定義している。MPEG-2規格は、サイズと品質が可変のビデオ・ストリームをサポートするビデオ・ストリーム用の固定および可変速度符号化方式を定義している。MPEG-2規格は、他のビデオ符号化方式、たとえばMPEG-1用の移送機構を定義している。MPEG-2マルチ媒体ストリームは、非同期転送モード (ATM) と一般に呼ばれるITU規格を使用するデジタル・ネットワーク上で移送される。「Asynchronous Transfer Mode: Solution for Broadband ISDN」、M・デ・ブリッカー (Prycker)、エリス・ホーウッド (Horwood)、1991年に記載される非同期転送モード (ATM) ネットワークは、広帯域ネットワークでの伝送、多重化、および交換に関する国際的に認証された技法である。この規格は、伝送単位として固定サイズのセルを使用している。

【0004】ATMネットワークは、高品質の音声、ビデオ、および高速データ・トラフィックの統合をサポートする設計になっている。このネットワークは、エンドユーザに対して、固定または可変ビット速度での接続型および無接続型トラフィックが移送できるようにすることを約束する。また、要求に応じた帯域幅の割振りが可能で、折衝サービス品質 (QoS) の提供を予定している。また、ネットワーク・プロバイダに対しては、同一のネットワークを介して異なるトラフィック・タイプの移送を可能にする。ユーザがあるセッションに対して設定したQoS要件をネットワークが満足するには、当該セッションのトラフィック特性に関する十分な情報をネットワークがもっている必要がある。これはおよそ次の3つの基本パラメータにまとめられる (ただし、それだけに限定されるものではない)。1) 平均伝送速度、

2) ピーク伝送速度、3) データがピーク速度で伝送可能なインターバル。ネットワークとのQoS契約の一部として、ネットワークが全ユーザにQoSを保証するために、すべてのセッションはトラフィック・パラメータを遵守し、これらのパラメータに違反しないようにしなければならない。このため、ネットワーク・リンクを介して多数のセッションが確立されているとき、複雑なスケジューリングの問題が生じ、各セッションのネットワークとの契約に違反が生じないようにする必要がある。同時に、すべてのセッションはネットワークから所望の容量を取得する必要がある。この問題は、特に広範囲の

トラフィック記述子を有する多数のセッションを含む場合にかなり複雑になる。この問題はセッションごとにQoSが異なるためにさらに複雑となる。したがって、複数のセッションが送信するデータを有し、ネットワークとの個別の契約によってデータ送信が可能になる競合の場合に、より厳格なQoS保証を要するセッションが一般に他のセッションよりも優先される。

【0005】ATMネットワークでリーキー・バケット・アルゴリズムと呼ばれる周知のアルゴリズムが、単一セッションでセルをいつ伝送するかを決定するために用いられている。このリーキー・バケット・アルゴリズムは、所与の時間に任意の単一セッションでセルを伝送できるかどうかを決定するためにも使われる。複数のセッションのスケジューリングは、すべてのセッションについて任意の時間tにリーキー・バケット・アルゴリズムを実行することによって可能となり、この処理で、その時間に伝送のスケジューリングがされるセッションを決定できる。次に、これらのセッションからのセルを、割り当てられた優先順位に基づいてスケジューリングすることができる。リーキー・バケット・アルゴリズムは、ATM Forum Technical Committee Traffic Management Specification, Version 4.0 (af-tm-0056.000)、1996年4月に記載されている。

【0006】「Resource ReSerVation Protocol (RSVP)」、Version 1 Functional Specification of the Internet Engineering Task Force (IETF)、1996年3月18日には、RSVPの第1版、すなわち、統合サービス・インターネット用に設計されたリソース予約セットアップ・プロトコルが記載されている。RSVPは、スケジューリングおよび頑強性特性に優れたマルチキャストまたはユニキャスト・データ・フローに関するリソース予約の受信側で開始するセットアップを可能にする。スケジューリング・アルゴリズムの実施態様がRSVPプロトコルとの整合性をもっと有利である。

【0007】あるフローがトラフィック契約またはトラフィック契約の速度保証と整合する形で処理されるとの

\*

—接続1: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, .... (5スロットごとに1)

\*

—接続2: 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, .... (10スロットごとに1)

【0012】上記のシーケンスは、各セルが適格になった時点で伝送可能になると想定して決定されたこと、またセルが適格になった時点で伝送できない場合は前のセルの実際の残り時間ではなく、その本来の残り時間に基づいて次のセルの適格性取得時間が計算されることに留意されたい。これはピーク速度実施の問題であり、遅延保証の問題とは関係ない。

【0013】上記の適格性取得時間のシーケンスに基づいた実際のセルの伝送時間は、セルのスケジューリングをどのように処理するかによって異なる。

保証は、このフローがトラフィック契約の速度保証に適合している場合に特定の遅延保証付きで処理することとは全く別物である。この相違を次の例に示す。

【0008】共にトークン・バケット・サイズが5セルで、ピーク速度がトークンが使用可能な場合にセルを全スロットに入れて送信できるリンク速度に等しい2つの接続を考える。接続1の平均トークン生成速度は5スロットごとで、接続2の平均トークン生成速度は10スロットごとである。このトラフィック契約の実施は、リーキー・バケット速度接続パラメータを使用するタイミング・ホイールにフローを乗せることで達成できる。接続1に3スロットの遅延要件があり、接続2には6スロットの遅延要件があるとする。これはつまり、接続1はセルが適格になった時点から3スロット以内にリンク上で伝送される保証を要求し、接続2はセルが適格になった時点から6スロット以内にリンク上で伝送される保証を要求するという意味である。

【0009】下記の例では、タイム・スロットは1から昇順に番号が振られ、大きな番号は順次遅い時間を表している。例えば、接続1の遅延要件は3スロットであるため、接続1からのセルがタイム・スロット6で適格となるか、あるいはスロット6で送信の準備が整った場合、このセルはリンク上で遅くともスロット9ですなわちスロット6の後3スロット以内に送信されなければならない。

【0010】まず、接続1および2がスロット1から始まる次の到着パターンを有するものとする。

—接続1: 3, 2, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, ...

—接続2: 3, 2, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, ...

【0011】それぞれの接続でのリーキー・バケット内のセルの適格性取得時間を下記に示す。ここでは各接続がトークン・バケットが満杯の状態からスタートし、時間0であるトークンが生成されたばかりで、\*がトークン生成時間を示すものとする。

【0014】まず、両方の接続が同じタイミング・ホイール上にあると仮定する。これで遅延の観点からは基本的に両接続は同じであると考えてよい。この場合、セル伝送のシーケンスは次のようになる。

1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 2, \_\_, 1, \_\_, ...

【0015】上記シーケンス中の数字は伝送セルが属する接続が接続1か接続2かを示し、\_\_はセルが伝送されない状態を示す。上記の例から、接続1に属するセルの一部は3スロットという所望の遅延要件内に伝送されて

いないことがわかる。特に接続 1 および 2 について、セルの適格性取得時間と伝送時間のシーケンスの対比を次に示す。

接続 1 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、6、10、...

伝送時間 : 1、3、5、7、9、11、12、...

接続 2 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、10、...

伝送時間 : 2、4、6、8、10、13、...

【0016】上記のシーケンスから理解できるように、時間 5 および 6 に適格になった接続 1 からのセルは、3 スロットというデッドラインを超えた時間 9 および 11 に送信される。ただし、接続 2 からのどのセルも、6 スロットというデッドラインを超えてはいない。上記の例では、接続 1 からのセルと接続 2 からのセルが同じ伝送スロットの待ち行列に入れられる場合は、常に接続 1 からのセルが接続 2 からのセルより先にスケジューリングされたケースが最良のシナリオとなる。すなわち、これ以上事態が改善されることは望めない。

【0017】接続 1 と接続 2 を区別する方法の 1 つは、接続 1 からのセルを接続 2 からのセルより先に伝送できるようにする静的優先順位を使用するものである。例えば、接続 1 からのセルを優先順位の高いタイミング・ホイールに乗せ、接続 2 からのセルを優先順位の低いタイミング・ホイールに乗せることになる。これによって接続 1 のパフォーマンスは明らかに向上するが、次に示すように、この静的優先順位手法では、接続 2 からのセルはそのデッドラインを守れないという、以前の問題の裏返しになってしまう。これを検証するために、次のようにこの静的優先順位手法でセル伝送シーケンスを組み立ててみる。

1、1、1、1、1、1、2、2、2、1、2、2、2、 $\infty$ 、...

【0018】したがって、接続 1 からのセルと接続 2 からのセルの適格性取得時間と伝送時間のシーケンスの対

接続 : 1、1、1、1、2、1、2、1、2、2、2、1、2

デッドライン : 4、5、6、7、7、8、8、9、9、10、11、13、16

伝送時間 : 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13

【0022】これで分かるように、EDF ポリシーは、2 つの接続の伝送時間の選択に成功し、すべてのセルがそのデッドライン内に伝送された。これはセルの到着時間ではなくその適格性取得時間に基づいて行われたことに留意されたい。このことに留意することが大事なのは、デッドラインを保証できるかどうかは各接続が生成する予想トラフィック量に関する仮定、すなわちトラフィック契約によって異なるからである。ただし、上記の例では、接続 1 および 2 のトラフィックが実際にはトラフィック契約に合致するように再成形された後でセル送信が可能と考えられると仮定したが、これは要件ではないことを次に見ていきたい。具体的には、トラフィック契約の再成形または実施は物理的でなく論理的であれば

比は次のようになる。

接続 1 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、6、10、...

伝送時間 : 1、2、3、4、5、6、10、...

接続 2 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、10、...

伝送時間 : 7、8、9、11、12、13、...

【0019】上記の例は、接続 1 からのすべてのセルがそのデッドライン内に伝送される一方、時間 4 および 5 で適格になった、接続 2 からのセルはそれぞれ時間 11 および 12 でやっと伝送されるためデッドラインを超えた場合である。上記の例は、セルが待ち状態の間、その優先順位が増加して所与の時間までに伝送されるべきであるという事実を説明できないという静的優先順位に固有の問題を示している。このため、何らかの形の動的優先順位が必要である。ただし、異なるタイミング・ホイールへの異なる静的割当てが現状で動的優先順位をサポートしているわけではない。

【0020】上記のすべてのセルのデッドラインへの適合を可能にするはずの動的優先順位方式の一例は、アーリエスト・デッドライン・ファースト (EDF) ポリシー、別名アーリエスト・デュー・デート (EDD) ポリシーである。この EDF ポリシーでは、セルが伝送できる最終時間に対応するデッドラインの順にセルを送出する。上記の例に関して言えば、次の各シーケンスの対比に対応する。

接続 1 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、6、10、...

デッドライン : 4、5、6、7、8、9、13、...

接続 2 :

適格性取得時間 : 1、2、3、4、5、10、...

デッドライン : 7、8、9、10、11、16、...

【0021】この場合、EDF ポリシーは次の伝送順序を選択したはずである。

十分である。

【0023】通信ネットワークでセルの伝送をスケジューリングする改善された方法および装置が必要とされている。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】本発明の重要な目的は、通信ネットワークでセルの伝送をスケジューリングする改善された方法および装置を提供すること、改善されたアーリエスト・デッドライン・ファースト (EDF) スケジューラを提供すること、仮想接続をその予約データ速度および遅延限界値によって分類する方法を提供すること、従来技術の構成の弱点を克服する方法および装置を提供することである。

【0025】

【課題を解決するための手段】要約すると、通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするための方法および装置が提供される。デッドラインが最も早い接続またはデータ・ストリームが最初に伝送されることが保証されるように、通信ネットワーク内での複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするアーリエスト・デッドライン・ファースト（EDF）スケジューラが提供される。複数のデータ・ストリームのそれぞれが遅延限界値すなわちデッドラインを有する。各データ・ストリームのそれぞれのデータは対応するデータ・セル待ち行列に入れられる。各データ・セル待ち行列の識別された目標伝送時間に基づくタイミング・ホイール・タイム・スロットが、最大遅延値の加算を利用して計算される。前方移動タイミング機構は、連続する仮想接続または伝送用のデータ・ストリーム・セル待ち行列を識別するための前方走査機能を含む。

【0026】各データ・セル待ち行列の最終目標伝送時間は、所定の論理チャネル記述子パラメータを使って計算される。計算された次のそれぞれの目標伝送時間に応答して、最大遅延値の加算を利用してタイミング・ホイール中のタイム・スロットが計算される。識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示が設定され、識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用のデータ・セル待ち行列を指すエントリが記憶される。現タイミング・ホイール・タイム・スロット中にアクティブ表示があるかどうか検査することによって伝送のための次のデータ・セル待ち行列が選択される。アクティブ表示の識別に応答して、第1のデータ・セル待ち行列が伝送のために処理され、このデータ・セル待ち行列が再スケジューリングされる。次に、現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかを検査することによって、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへの移動が行われる。次のエントリの識別に応答して、識別されたエントリが現タイミング・ホイール・タイム・スロットから取り出されて処理され、現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかの検査に戻る。空のタイム・スロットの識別に応答して、現時間値が現タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較される。現時間値が現タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいがそれと等しい場合は、事前定義された範囲が走査され、将来の時間の事前定義範囲内のいずれかのタイム・スロットにアクティブ表示があるかどうか検査される。

【0027】少なくとも2つのスケジューリング・タイミング・ホイールを含む多層セル・スケジューラが提供される。第1のタイミング・ホイールの優先順位は、第2のタイミング・ホイールの優先順位より高い。第2の

タイミング・ホイールの優先順位は、任意選択の第3のタイミング・ホイールの優先順位より高い。第3のタイミング・ホイールは、ベスト・エフォート動作モードを含む。各データ・ストリーム間の相対速度は維持されるが、各データ・ストリームの絶対速度は優先順位が最低のホイール中で増減される。

【0028】

【発明の実施の形態】図1について説明する。同図には好ましい実施形態の少なくとも1つのセル・スケジューラ102を含む通信ネットワーク100を示す。図1に示すように、セル・スケジューラ102はネットワーク100の入口および出口にある選択したネットワーク相互接続108で使用すると有利である。セル・スケジューラ102は、コンピュータまたは通信システム106のネットワーク・インタフェース104と共に、ネットワーク内部交換もしくはルーティング・システム112のインバウンド・ポリシング／成形入力110またはスイッチもしくはルータ112のアウトバウンド待ち行列化／成形出力114あるいはその両方に含めるのが有利である。

【0029】セル・スケジューラ102は、1996年7月2日に発行され、本願の譲受人に譲渡された、バーン（Byrn）他の「ATM CELL SCHEDULER」という名称の米国特許第5533020号で開示されたスケジューラとしての機能動作を含む。

【0030】セル・スケジューラ102は、周知のスケジューラに勝る利点を提供する主要な実質的変更を含む。セル・スケジューラ102は再成形を伴うアーリエスト・デッドライン・ファースト（EDF）スケジューリングを提供する。再成形は、セルを時間的に分散させたデータ・ストリームを受信し、任意選択でこれと異なる時間分布のデータ・ストリームを再送信して、データ・ストリームを事前定義のトラフィック仕様、例えばリーキー・バケット仕様に適合させる処理として定義される。

【0031】好ましい実施形態の諸特徴によれば、セル・スケジューラ102は、論理トラフィック再成形とデッドライン・ベースのスケジューリングを組み合わせたアーリエスト・デッドライン・ファースト（EDF）ポリシーを提供する。セル・スケジューラ102が実行する論理トラフィック再成形では、セルまたはバケットの適格性取得時間はバケットが適格になるまで留めておく方式を必ずしもとらず、リーキー・バケット状態に基づいて決定される。バケットの適格性取得時間は、伝送について競合している複数のフローからのバケットがある場合にバケット間の仲裁を行うためにだけ使用される。好ましい実施形態のこの論理トラフィック再成形およびデッドライン・ベースのスケジューリング・ポリシーによって送信中のバケットのフローがそのトラフィック契約に適合していることが保証されるわけではない。例え



ば、ネットワーク・リンク100に他の競合するトラフィック・フローが現在ない場合には、ストリーム・フローはそのトラフィック契約の速度を超過することができる。これは、トラフィック契約への厳格な適合を必要とするエンティティ、例えばATMサービス・プロバイダへ接続する場合には適切な用法ではない。ただし、内部ネットワーク接続でのネットワーク・ノード間を結ぶトランクに関しては完璧に有効な方法である。さらに、各ネットワーク・ノードへの入口で必要な場合にセル・スケジューラ102が実行する再成形によって、トラフィック契約からの逸脱を抑えることができる。

【0032】トラフィック契約の実施とセル伝送のスケジューリングを組み合わせるために、次のセルの適格性取得時間とその接続に割り当てられた遅延限界値またはデッドラインが使用すなわち加算され、次のセルを送信すべき最終時間が決定される。これは、次の例で最もよく説明できる。ここでは2つの接続1および2のトークン・バケット・サイズが5セルである。この例では、接

接続1:

到着時間: 8, 8, 8, 8, 8, 11, ...

適格性取得時間: 8, 9, 10, 11, 12, 13, ...

デッドライン: 11, 12, 13, 14, 15, 16, ...

接続2:

到着時間: 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 13, ...

適格性取得時間: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, ...

デッドライン: 7, 8, 9, 10, 11, 16, 26, 36, 46, 56, 66, ...

【0036】この結果、セルの適格性取得時間と遅延限界値の合計に等しいデッドラインに基づいたEDFポリ

接続: 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, ...

到着時間: 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 8, 8, 8, 8, 8, 11, ...

デッドライン: 7, 8, 9, 10, 11, 16, 26, 11, 12, 13, 14, 15, 16, ...

伝送時間: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, ...

適格性取得時間: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 8, 9, 10, 11, 12, 13, ...

【0037】上記の例は接続2からのパケットがその適格性取得時間より前に伝送され、そのことが接続1に影響していないことを示す。これは、パケットのデッドライン違反が発生せず、各フローが物理的でなく論理的に再成形されるようにパケットがスケジューリングされるためである。

【0038】図2について説明する。セル・スケジューラ102はデータ待ち行列化機構202から各待ち行列が論理チャネル記述子(LCD)206または他の同様なタイプの論理接続制御ブロックを含む伝送/処理待ち行列204を供給されるデータ待ち行列化機構202はネットワーク100からの受信論理、プログラム記憶式プロセッサ、またはこれらの機構の組み合わせである。セル・スケジューラ102はスケジューリングされた各データ・エンティティのデータを保持する1組の論理チャネル記述子(LCD)206を使用する。これはデータ記述子の待ち行列および伝送準備論理の構成情報を含

続1のトークン生成速度は5スロットに1つで、遅延要件が3スロットである。接続2のトークン生成速度は10スロットに1つで、遅延要件が6スロットである。

【0033】接続1および2がスロット1から始まる次の到着パターンを有するとする。

—接続1: 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 5, 0, 0, 1, 0, 0, 0, ...

—接続2: 5, 5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, ...

10 【0034】各接続のリーキー・バケットのセル適格性取得時間は次のようになる。

—接続1: 8, 9, 10, 11, 12, 13, ...

—接続2: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, ...

【0035】上記の適格性取得時間および接続1の遅延限界値が3スロットで接続2の遅延限界値が6スロットであるという事実に基づいて、この2つの接続のセルのデッドラインが次のように計算される。

シーを使った場合のセル伝送のシーケンスが次のように決定される。

接続: 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, ...

到着時間: 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 8, 8, 8, 8, 8, 11, ...

デッドライン: 7, 8, 9, 10, 11, 16, 26, 11, 12, 13, 14, 15, 16, ...

伝送時間: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, ...

適格性取得時間: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 8, 9, 10, 11, 12, 13, ...

むことができる。セル・スケジューラ102のスケジューリング選択論理は一連のLCDを選択し、これを伝送準備論理208へ渡す。伝送準備論理208はスケジューリング選択論理102が選択したLCDデータ構造を取得し伝送の準備を行う。

40 【0039】図3について説明する。同図は、セル・スケジューラ102が使用するデータ・ストリームの論理チャネル記述子(LCD)206のチャートである。LCD206はデータ・ストリーム・セル待ち行列を記述するデータ構造である。LCD206はタイミング・ホイール・タイム・スロットで各LCDをリンクするための次のLCDポイント209を含む。LCD206はセル/バケット待ち行列ポインタの先頭210およびセル/バケット待ち行列ポインタの末尾212を含む、送信するセルまたはバケットあるいはその両方のチェーンへのポインタを含む。またLCD206はスケジューリング・パラメータ214として示されている対応するデー

タ・ストリームのスケジューリング情報、スケジューリング状態216、およびタイミング・ホイール・セクタ218を含む。このLCDはまた接続のタイムスタンプを維持する。

【0040】図4について説明する。同図は、ピーク伝送速度222、持続可能伝送速度224、ピーク・バースト長226、固定ビット速度／可変ビット速度（CBR／VBR）トラフィック・タイプ228、および最大遅延230を含む複数のスケジューリング速度パラメータをリストしたチャートである。これらのスケジューリング速度パラメータ220は固定ビット速度、可変ビット速度、またはリーキー・パケット速度の接続に指定される。これらの速度222および224は高速タイミング・ホイールのスロットおよびフラクションの数で表した間隔に変換される。バースト長は接続タイム・スタンプと現時間との最大差として維持される。

【0041】図5について説明する。セル・スケジューラ102は、図6のタイミング・ホイール400、402など少なくとも1つのタイミング・ホイールを含むデータ構造から構成される。図5に示すように、このデータ構造はLCDを指すポインタのアレイ122を備えたタイミング・ホイール、ならびに任意選択でタイミング・ホイール内の各記憶位置のビットを含むタイミング・ホイールの占有ビット・マップ120を含む。各ビットはタイミング・ホイール・スロットが有効なポインタを含むかどうかを示す。このビットは、メモリ位置を読み取る必要性を制御し、高速前方走査をサポートするために使用される。このビット・アレイは、一時に2個以上のビットを読み取ることができてよい。このビット・アレイを読み取ると、グループとして評価できるビットのフレームが戻される。さらに、LCDは、タイミング・ホイール内の同じタイム・スロットに記憶されている次のLCDを指すために使用されるポインタを含む。このポインタを使って各アクティブ・タイム・スロットのLCDのチェーンが作成される。任意選択でタイミング・ホイールはLCDのチェーン中の最後のエントリを指す1組のポインタを含むことができる。この第2のポインタを使ってLCDのチェーンの末尾への高速の挿入を行うことができる。この第2のポインタは必須要素ではないが好ましい実施形態には含まれる。

【0042】図6について説明する。同図では、高速タイミング・ホイール400および低速タイミング・ホイール402が任意選択で使用される。各タイミング・ホイールの各スロットはある時間の範囲に対応し、高速タイミング・ホイール400は比較的小さい時間範囲、低速タイミング・ホイール402は比較的大きい時間範囲に使用される。図6はこれらのタイミング・ホイール400と402の接続、ならびに低速タイミング・ホイール402よりも大きい間隔を有するLCDに使用される最後のアクティブ・パケット404を示す。

【0043】セル・スケジューラ102はスロット数で表した現時間に等しいグローバル変数curr\_slotによってシステムの現時間を追跡する。各LCD接続(i)ごとに維持される定数としては、スロット数で表した平均間隔mean\_int(i)、平均間隔とスロット数で表したバースト・サイズの積bproduct(i)、スロット数で表した最小セル伝送間隔peak\_int(i)、およびスロット数で表した接続(i)の遅延保証またはデッドラインmax\_delay(i)が含まれる。維持される動的接続変数としては、state(i)またはmean\_int(i)と{curr\_slot-bproduct(i)}の合計のいずれか大きい方である、リーキー・パケットの状態state(i)と、接続(i)からのセルが配置されるタイミング・ホイール内のスロットqslot(i)が含まれる。リーキー・パケットの状態state(i)は下記のように詳細に定義される。bproduct(i)はスケジューリング状態の一時的メモリに対する制限として機能することに留意されたい。

【0044】セル・スケジューラ102の基本スケジューリング・アルゴリズムは、タイミング・ホイール400内で現時間curr\_slotから限定された先読みLを使って前方走査を行う。このアルゴリズムが最初の接続、例えば当該範囲内のタイミング・ホイール(TW)上にLCDが待ち行列化されている接続(i)を検出した場合、すなわち、(qslot(i)-curr\_slot)<Lの場合、セル・スケジューラ102は、a)このセルを送出し、curr\_slotを増分し、c)このLCDがタイミング・ホイール400または402上に待ち行列化されるべき次の時間を計算する。

【0045】初期設定に際して、セル・スケジューラ102のスケジューリング・アルゴリズムはcurr\_slot=0およびstate(i)=curr\_slot+mean\_int(i)-bproduct(i)に設定する。

【0046】スケジューリング・アルゴリズムがタイミング・ホイール上でLCDをどこに待ち行列化するか決定に関して考慮すべき2つの条件1)および2)について下記に説明する。

【0047】1)接続(i)からのパケットは待ち行列化されてスケジューリング・アルゴリズムへ送信される。

1a) LCDが既にタイミング・ホイール上にある場合、LCD待ち行列にパケットを追加する。

1b) LCDがタイミング・ホイール上にない場合、state(i)=max{state(i), curr\_slot+mean\_int(i)-bproduct(i)}

qslot(i)=max{state(i), cur

`r_slot} + max_delay(i)`  
`q_slot(i)` でLCDをTWに待ち行列化する。

【0048】2) 接続(i)のLCDが、セル・スケジューラ102のスケジューリング・アルゴリズムによって伝送のために選択されたばかりのスロット上にある場合、

2a) このLCD上に待ち行列化されたパケットがない場合、タイミング・ホイールからLCDを除去する(何も伝送しない)。

2b) 伝送するセルがまだ他にもある場合、次のように設定する。

`state(i) = mean_int(i) + state(i)`

`q_slot(i) = max {state(i) + max_delay(i), q_slot(i)}`

`q_slot(i)` でLCDをTW上に待ち行列化する。

【0049】上記の動作2) a) ではスロットが使用されないことを前提としている。言い換えれば、有効なセルがあればそのスロットに入れて送信できる。そうでない場合は、スロットの損失、主としてコール受け入れの問題を補償する必要がある。このLの先読みは一般に`max_delay(i)`の最大値をカバーするのに十分な大きさであり、Lの先読みではスロットは使用されない。あるいは所与のノードの`max_delay`の妥当範囲をカバーする。

【0050】図7について説明する。同図に、ブロック500から開始する例示的ステップを含む、セル・スケジューラ102が待ち行列化のために使用する一般的処理を示す。判断ブロック502で、待ち行列化を待っているデータがあるかどうか検査する。データがある場合、ブロック504でこの待ち状態のデータはLCDデータ待ち行列に入れられる。各論理接続について複数のLCDデータ待ち行列を用意することができる。次に、判断ブロック506でタイミング・ホイール400内で既にアクティブなLCDがあるかどうか検査する。そうである場合、処理は先頭のブロック500に戻る。LCDがタイミング・ホイール400内でアクティブになっていない場合、ブロック508で以降の各ステップで次の目標伝送時間を計算し、タイミング・ホイール400または402を選択し、タイム・スロットに対してアクティブ・ビットを設定し、このLCD中の次のLCDポインタをクリアする。次に、判断ブロック510でアクティブな末尾ポインタがあるかどうか検査する。末尾ポインタが指すLCD内にアクティブな末尾ポインタがある場合、ブロック512で次のLCDポインタの位置にLCDアドレスが書き込まれ、このタイム・スロットの末尾ポインタにLCDアドレスが書き込まれる。そうでない場合、ブロック514でこのタイム・スロットの先頭ポインタおよび末尾ポインタ・スロットにLCDが書き込まれる。次に処理は先頭のブロック500に戻る。

【0051】図8について説明する。同図は、伝送準備論理208へ渡す次のLCDを決定するためにセル・スケジューラ102が使用する一般的処理を示す。図8に示すように、LCDを移動させ先の次の伝送タイム・スロットを計算する機構は複数存在し、次の時間への移動を計算する機構も複数存在する。ブロック600から開始して、判断ブロック602で、現時間にアクティブ・ビットがオンになっているかどうか検査する。現時間にアクティブ・ビットがオンになっていない場合、ブロック604で次の複数の可能な方法の1つを使って次のタイム・スロットへの移動が行われる。次に処理は先頭のブロック600に戻る。現時間にアクティブ・ビットがオンになっている場合、ブロック606で最初のLCDの伝送(TX)の準備に入り、LCDからの次のポイントが保存され、LCDは複数の可能な方法の1つを使って再スケジューリングされる。判断ブロック608で、次のポイントがアクティブかどうか検査する。アクティブな場合、ブロック610でこのポイントが最初のLCDに記憶される。次に処理は先頭のブロック606に戻り、最初のLCDの伝送準備をする。アクティブでない場合、ブロック612でアクティブ・ビットがクリアされ、最初のポイントがクリアされ、最後のポイントがクリアされる。続いてブロック604で次のタイム・スロットへの移動が行われる。次に処理は先頭のブロック600に戻る。

【0052】図9について説明する。同図は、次の時間への移動の例示的ステップを示す。プロセスはブロック700から開始する。判断ブロック702で空の現タイム・スロットがあるかどうか検査する。現タイム・スロットが空でない場合、ブロック704で現タイム・スロットからのエントリが処理される。次に処理は先頭のブロック700に戻る。現タイム・スロットが空の場合、判断ブロック706で現時間が現タイム・スロットと比較される。現時間が現タイム・スロットより大きい場合、ブロック708で現タイム・スロットは1タイム・スロットだけ前方に移動する。現時間が現タイム・スロットより小さいか等しい場合は、ブロック710でアクティブ・ビットの1フレーム分の前方走査が行われる。判断ブロック712で、フレーム内のいずれかのタイム・スロットでアクティブ・ビットがオンであるかどうか検査する。判断ブロック712でフレーム内のいずれかのタイム・スロットでアクティブ・ビットがオンであると識別された場合、ブロック714でフレーム内の最初のタイム・スロットからのアクティブ・ビットがオンの1つのエントリが処理され、処理は先頭のブロック700に戻る。判断ブロック712でフレーム内のどのタイム・スロットでもアクティブ・ビットがオンであると識別されなかった場合は、判断ブロック716で範囲L内に他にもまだフレームがあるかどうか検査する。この範囲内の他のフレームが識別された場合、処理はブロック

710に戻り、アクティブ・ビットの1フレーム分前方へ走査される。この範囲内で他のフレームが識別されなかった場合、処理は先頭のブロック700に戻る。

【0053】図10にセル・スケジューラ102による新しいタイムスタンプと新しいタイム・スロットの計算を示す。新しいタイムスタンプは、ブロック720に示すように次の式を使って計算される。

新タイムスタンプ=MAX(旧タイムスタンプ+持続間隔、現時間-バースト限界値)

【0054】新しいタイム・スロットはブロック722 10に示すように次の式を使って計算される。

新タイム・スロット=MAX(タイムスタンプ+持続間隔、現時間+ピーク間隔)+最大遅延値

【0055】上式でピーク間隔はスロット数で表した最小セル到着間隔である。図9の前方移動方法と、図10の新しいタイムスタンプおよび新しいタイム・スロットの計算アルゴリズムを使うと、新しいタイム・スロット項にデッドライン項を加えることによって得られ、デッドラインによってソートされたLCDのリストを将来まで維持することができる。アーリエスト・デッドライン 20をもつ接続からのセルが最初に伝送される。伝送リソースのネットワーク100の加入者が多すぎない場合、複数のデータ・ストリームの各セルはそのデッドラインより前に伝送される。

【0056】図11について説明する。同図は、本発明の製造品すなわちコンピュータ・プログラム・プロダクト800を示す。コンピュータ・プログラム・プロダクト800としては、フロッピー・ディスク、光学読取り方式のコンパクト・ディスクすなわちCD-ROM、テープ、ディジタルまたはアナログ通信リンクなどの伝送型 30媒体、または同様のコンピュータ・プログラム製品などの記録媒体802が含まれる。記録媒体802は、図1の通信システム100で本発明のセル・スケジューリング方法を実施するためのプログラム手段804、806、808、810を媒体802上に記憶する。

【0057】記録されたプログラム手段804、806、808、810によって定義される一連のプログラム命令、または、1つまたは複数の相関するモジュールの論理アセンブリが、セル・スケジューラ102に、通信ネットワーク100内のセルおよびフレームの伝送の 40スケジューリングを行うよう指示する。

【0058】図12について説明する。同図は、代替の3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラ102のブロック図である。3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラ102は、優先順位が最高のリーキー・バケット・タイミング・ホイール902、優先順位が中程度のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイ 50ミング・ホイール904、および優先順位が最低のベスト・エフォート・ホイール906を含む。3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラ102、新しいタイ

ム・スロットは、次の式に示すように、最大遅延値230の加算を含まないベスト・エフォート・タイミング・ホイール906について計算される。新タイム・スロット=MAX(タイムスタンプ+持続間隔、現時間+ピーク間隔)

【0059】図13について説明する。同図は、ブロック1000から開始する3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラ102の例示的動作を示す。判断ブロック1002で、優先順位が最高のリーキー・バケット・ホイールでLCDが伝送の準備ができているかどうかの最初の検査が行われる。優先順位が最高のリーキー・バケット・ホイール902でLCDが伝送の準備ができている場合、ブロック1004でリーキー・バケット・タイミング・ホイールのLCDから1つのセルが伝送される。次に処理は先頭のブロック1000に戻る。

【0060】優先順位が最高のリーキー・バケット・ホイール902のLCDの伝送準備ができていない場合、判断ブロック1006で優先順位が中程度のアーリエスト・デッドライン・ファースト・ホイール904のLCDの伝送準備ができているかどうか検査する。優先順位が中程度のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイール904でLCDの伝送準備ができている場合、ブロック1008で優先順位が中程度のアーリエスト・デッドライン・ファースト・ホイール904のLCDから1つのセルが伝送される。次に処理は先頭のブロック1000に戻る。

【0061】優先順位が中程度のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイール904でLCDの伝送準備ができていない場合、判断ブロック1010で優先順位が最低のベスト・エフォート・タイミング・ホイール906のLCDの伝送準備ができているかどうか検査する。優先順位が最低のベスト・エフォート・タイミング・ホイール906でLCDの伝送準備ができていない場合、判断ブロック1012で優先順位が最低のベスト・エフォート・タイミング・ホイール906のLCDから1つのセルが伝送される。優先順位が最低のベスト・エフォート・タイミング・ホイール906でLCDの伝送準備ができていない場合、またはブロックブロッ 40ク1012でセルが伝送された後では、処理は先頭のブロック1000に戻る。

【0062】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0063】(1) 通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする方法であって、各データ・ストリームのデータを対応するデータ・セル待ち行列に入れるステップと、各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記のデータ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算するステップと、前記の計算された次の各目標伝送時間に応答して、最大遅延値の加算を利用して



イミング・ホイール・タイム・スロットと比較する手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しい現時間値の識別に応答して、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のいずれかのタイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段とを含む装置。

(9) 前記範囲内の最初のタイミング・ホイール・タイム・スロットからの最初に識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかを検査する手段をさらに含む、上記(8)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする装置。

(10) 前記タイミング・ホイール・スロットより大きい現時間値の識別に応答して、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動し、前記現タイム・スロットに対する前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段をさらに含む、上記(8)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする装置。

(11) 前記タイミング・ホイール・タイム・スロットを超える計算された次の目標伝送時間に応答する最後のアクティブ・バケットをさらに含む、上記(8)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする装置。

(12) 通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするアーリエスト・デッドライン・ファースト(EDF)スケジューラであって、複数のデータ・ストリームのそれぞれについて対応するデータ・セル待ち行列を記憶するメモリ手段と、遅延限界値を含む各データ待ち行列ごとの所定の論理チャネル制御パラメータ値を記憶する手段と、前記データ・セル待ち行列を指すポインタのアレイを記憶し、タイミング・ホイール・タイム・スロットの占有ビット・マップを記憶するタイミング・ホイール手段と、各データ・セルごとの目標伝送時間を計算し、前記遅延限界値の加算を利用して各データ・セル待ち行列ごとのタイミング・ホイール・タイム・スロットを計算する手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットを前方に移動して、伝送する一連のデータ・ストリーム・セル待ち行列を識別するタイミング手段であって、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからのエントリがあるかどうかを検査する手段と、前記エントリ検査手段に  
40 応答して、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの識別されたエントリを処理する手段と、前記エントリ検査手段で空タイム・スロットが識別されたのに応答して、現時間値を前記タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較する手段とを含むタイミング手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しい現時間値の識別に  
50 応答し

て、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のタイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段とを含む、アーリエスト・デッドライン・ファースト(EDF)スケジューラ。

(13) 前記タイミング手段が、前記範囲内の最初のタイミング・ホイール・タイム・スロットからの最初に識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうかを検査する手段をさらに含む、上記(12)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルおよびフレームの伝送をスケジューリングするアーリエスト・デッドライン・ファースト(EDF)スケジューラ。

(14) 前記タイミング手段が、前記現タイミング・ホイール・スロットより大きい現時間値の識別に  
10 応答して、次のタイミング・ホイール・タイム・スロットへ移動し、前記現タイム・スロットに対する前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段をさらに含む、上記(12)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするアーリエスト・デッドライン・ファースト(EDF)スケジューラ。

(15) 前記タイミング・ホイール・タイム・スロットを超える計算された次の目標伝送時間に  
20 応答する最後のアクティブ・バケットをさらに含む、上記(12)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするアーリエスト・デッドライン・ファースト(EDF)スケジューラ。

(16) ネットワーク・インタフェースを含む少なくとも1つの通信システムと、前記ネットワーク・インタフェースと共に含まれ、各データ・ストリームの待ち行列化されたデータの対応するデータ・セル待ち行列を記憶するセル・スケジューラと、各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記データ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算する手段と、前記の次の目標伝送時間計算手段に  
30 応答して、最大遅延値の加算を利用してタイミング・ホイール中のタイム・スロットを計算する手段、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を記憶する手段、および前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の前記の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶する手段と、現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段を含む、伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択する手段と、前記アクティブ表示の識別に  
40 応答して、伝送する最初のデータ・セル待ち行列を処理し、前記データ・セル待ち行列を再スケジューリングする手段と、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからのエントリがあるかどうかを検査する手段を含む、  
50 次回のタイミング

・ホイール・タイム・スロットへ移動する手段と、前記エントリ検査手段にตอบสนองして、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの識別されたエントリを処理し、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの次のエントリがあるかどうか検査する手段と、前記エントリ検査手段で空タイム・スロットが識別されたのにตอบสนองして、現時間値を前記タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較する手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しい現時間値の識別にตอบสนองして、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のいずれかのタイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段とを含む通信ネットワーク。

(17) 前記セル・スケジューラを少なくとも1つ含む内部ネットワーク・ルーティング・システムをさらに含む、上記(16)に記載の通信ネットワーク。

(18) 通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングするセル・スケジューラを備えたデータ通信ネットワークで使用するコンピュータ・プログラム・プロダクトであって、記録媒体と、複数のデータ・ストリームのそれぞれについて対応するデータ・セル待ち行列を記憶する、前記記録媒体に記録された手段と、遅延限界値を含む各データ待ち行列ごとの所定の論理チャネル制御パラメータ値を記憶する、前記記録媒体に記録された手段と、前記データ・セル待ち行列を指すポインタのアレイを記憶し、タイミング・ホイール・タイム・スロットの占有ビット・マップを記憶する、前記記録媒体に記録されたタイミング・ホイール手段と、目標伝送時間を計算し、前記の遅延限界値の加算を利用して各データ・セル待ち行列ごとにタイミング・ホイール・タイム・スロットを計算する、前記記録媒体に記録された手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットを前方に移動して伝送する一連のデータ・ストリーム・セル待ち行列を識別する、前記記録媒体に記録されたタイミング手段であって、前記のタイミング・ホイール・タイム・スロットにエントリがあるかどうかを検査する手段、前記エントリ検査手段にตอบสนองして、前記現タイミング・ホイール・タイム・スロットからの識別されたエントリを処理する手段、および前記エントリ検査手段で空のタイム・スロットが識別されたのにตอบสนองして、現時間値を前記タイミング・ホイール・タイム・スロットと比較する手段を含むタイミング手段と、前記タイミング・ホイール・タイム・スロットより小さいかそれと等しい現時間値の識別にตอบสนองして、事前定義された範囲を前方に走査し、前記事前定義範囲内のタイム・スロット中に前記のアクティブ表示があるかどうかを検査する手段とを含むコンピュータ・プログラム・プロダクト。

(19) 通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・

スケジューラであって、複数のデータ・ストリームのそれぞれについて対応するデータ・セル待ち行列を記憶するメモリ手段と、各データ待ち行列に対する所定の論理チャネル制御パラメータ値を記憶する手段と、各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って前記各データ・セル待ち行列ごとに目標伝送時間を計算する手段と、前記の計算された次の各目標伝送時間にตอบสนองして、優先順位のより高いタイミング・ホイールまたは優先順位のより低いタイミング・ホイールを選択する手段、前記の選択されたタイミング・ホイール中のタイミング・ホイール・タイム・スロットを計算する手段、前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロットに対するアクティブ表示を設定する手段、および前記の識別されたタイミング・ホイール・タイム・スロット用の対応するデータ・セル待ち行列を指すエントリを記憶する手段と、前記タイミング・ホイール上でスケジューリングの機会を識別する手段、およびスケジューリングの機会が識別されたのにตอบสนองして前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールから前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールへ移動する手段とを含む、次に伝送されるデータ・セル待ち行列を選択する手段とを含む多層セル・スケジューラ。

(20) 前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれる、上記(19)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(21) 前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、上記(19)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(22) 前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、上記(19)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(23) 優先順位が中間のタイミング・ホイールを含む、上記(19)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(24) 前記の優先順位のより高いタイミング・ホイールに優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位が中間のタイミング・ホイールに優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールが含まれ、前記の優先順位のより低いタイミング・ホイールに優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールが含まれる、上記(23)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(25) 事前定義された疑似データ・セル待ち行列を使って、前記の優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールおよび前記の優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールの少なくとも一方でスケジューリングの機会を定義する手段をさらに含み、前記各データ・セル待ち行列ごとの前記目標伝送時間を各データ・ストリームの所定の論理スケジューリング速度パラメータを使って計算する手段が、前記の事前定義された疑似データ・セル待ち行列を含み、前記事前定義された、疑似データ・セル待ち行列に対する前記の識別された目標伝送時間が、複数の優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイール・タイム・スロットのスケジューリング機会を定義する、上記(24)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

(26) 伝送する次のデータ・セル待ち行列を選択する前記手段が、前記の優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールの現タイミング・ホイール・タイム・スロット中に前記アクティブ表示があるかどうかを検査する手段と、前記現フレーム中に前記アクティブ表示が存在しないのに応答して次のフレームを読み取る手段と、前記の優先順位のより低いベスト・エフォート・タイミング・ホイールからのエントリを前記の優先順位のより高いリーキー・バケット・タイミング・ホイールと前記の優先順位が中間のアーリエスト・デッドライン・ファースト・タイミング・ホイールの少なくとも一方へ移動する手段とを含む、上記(24)に記載の通信ネットワークにおいて複数のデータ・ストリームのセルの伝送をスケジューリングする多層セル・スケジューラ。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】好ましい実施形態のセル・スケジューラを含む通信ネットワーク・システムのブロック図である。

【図2】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラの動作を示すブロック図である。

【図3】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラが使用するデータ・ストリームの論理チャネル記述子(LCD)を示すチャートである。

【図4】固定ビット速度、可変ビット速度、またはリー

キー・バケット速度のスケジューリング速度パラメータを示すチャートである。

【図5】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラのタイミング・ホイールを含むデータ構造を示す概略ブロック図である。

【図6】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラの高速および低速タイミング・ホイールと最終アクティブ・バケットを示す概略ブロック図である。

【図7】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラによる、セルを待ち行列に入れる順次動作の流れ図である。

【図8】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラによる、伝送準備論理へ渡す次の論理チャネル記述子(LCD)を決定する順次動作の流れ図である。

【図9】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラによる、次のタイム・スロットへの移動を決定する順次動作の流れ図である。

【図10】図1の好ましい実施形態のセル・スケジューラによる、次のタイムスタンプおよび次のタイム・スロットの計算を示す流れ図である。

【図11】好ましい実施形態によるコンピュータ・プログラム・プロダクトを示すブロック図である。

【図12】図1の好ましい実施形態の代替3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラを示すブロック図である。

【図13】図12の3層タイミング・ホイール・セル・スケジューラの動作例を示す流れ図である。

#### 【符号の説明】

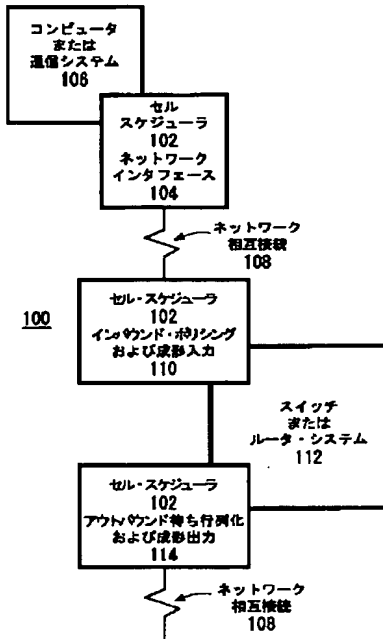
- 100 ネットワーク・リンク
- 102 セル・スケジューラ
- 104 ネットワーク・インタフェース
- 106 コンピュータまたは通信システム
- 108 ネットワーク相互接続
- 110 インバウンド・ポリシング／成形入力
- 112 スイッチまたはルータ
- 114 アウトバウンド待ち行列化／成形出力
- 202 データ待ち行列化機構
- 204 伝送／処理待ち行列
- 206 論理チャネル記述子(LCD)
- 208 伝送準備論理
- 209 次のLCDポイント
- 210 セル／バケット待ち行列ポイントの先頭
- 212 セル／バケット待ち行列ポイントの末尾
- 214 スケジューリング・パラメータ
- 216 スケジューリング状態
- 218 タイミング・ホイール・セレクト
- 220 スケジューリング速度パラメータ
- 222 ピーク伝送速度
- 224 持続可能伝送速度
- 226 ピーク・バースト長



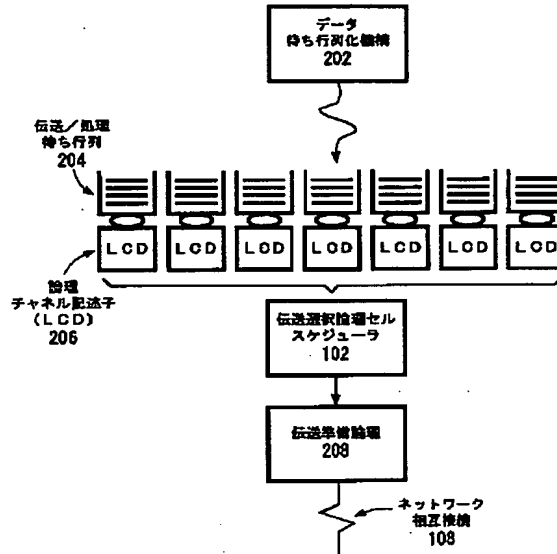
228 固定ビット速度/可変ビット速度 (CBR/V  
BR) トラフィック・タイプ  
230 最大遅延  
120 占有ビット・マップ

122 LCDへのポインタのアレイ  
400 高速タイミング・ホイール  
402 低速タイミング・ホイール  
402 最後のアクティブ・パケット

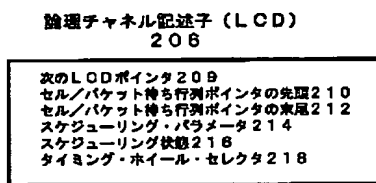
【図1】



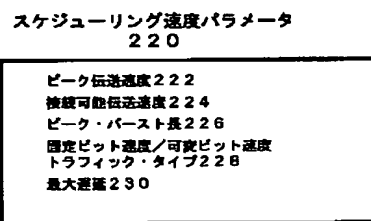
【図2】



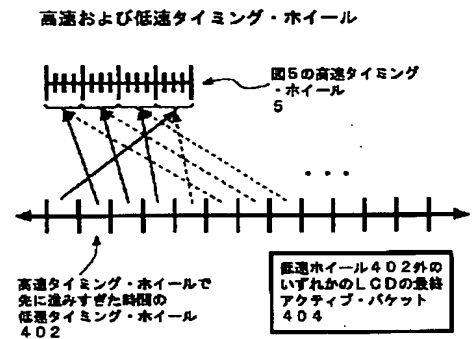
【図3】



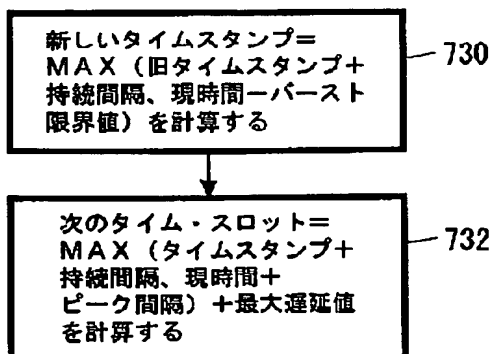
【図4】



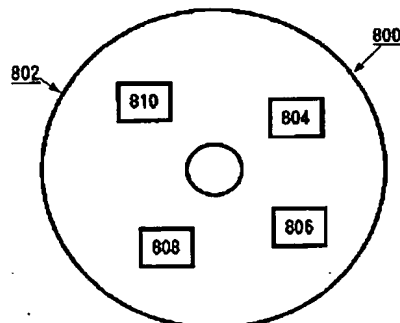
【図6】



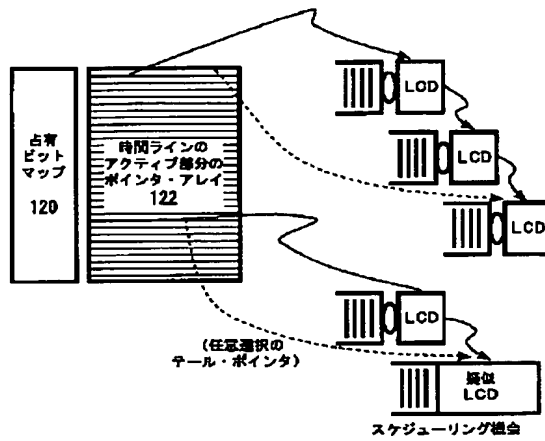
【図10】



【図11】

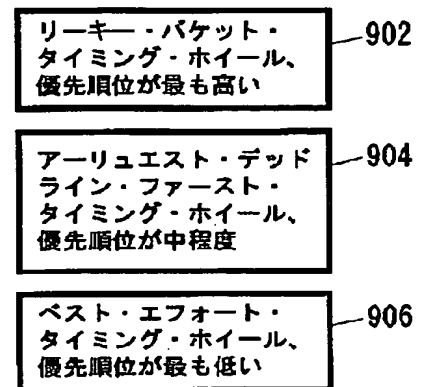


【図5】



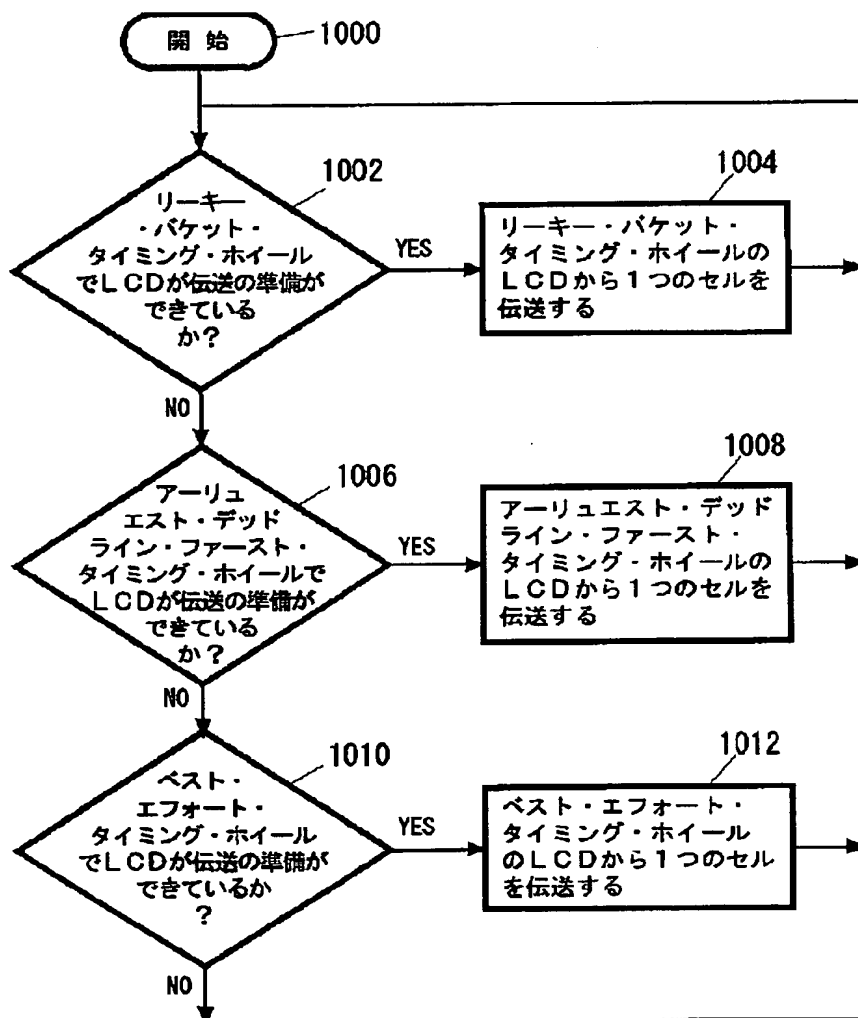
セル・スケジューラ 102  
タイミング・ホイールを含むデータ構造

【図12】

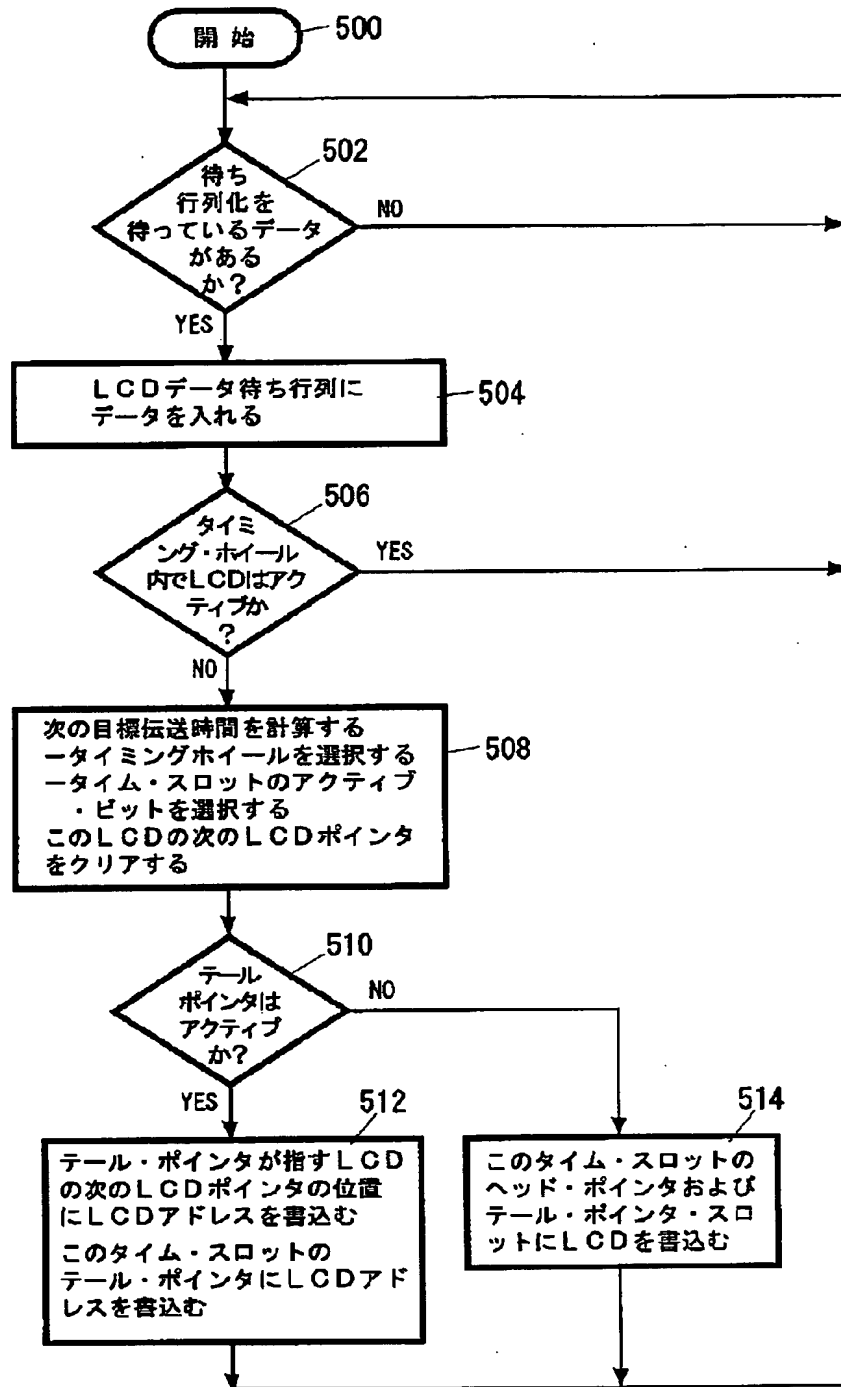


3層セル・スケジューラ  
102

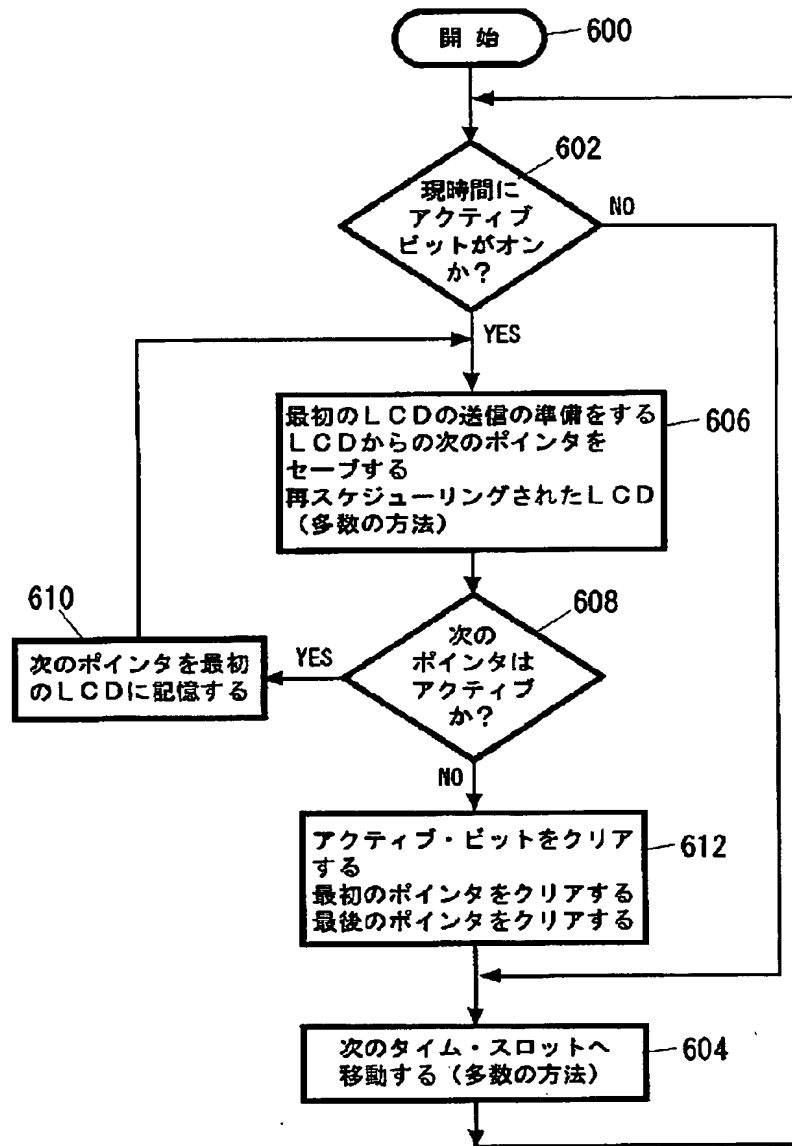
【図13】



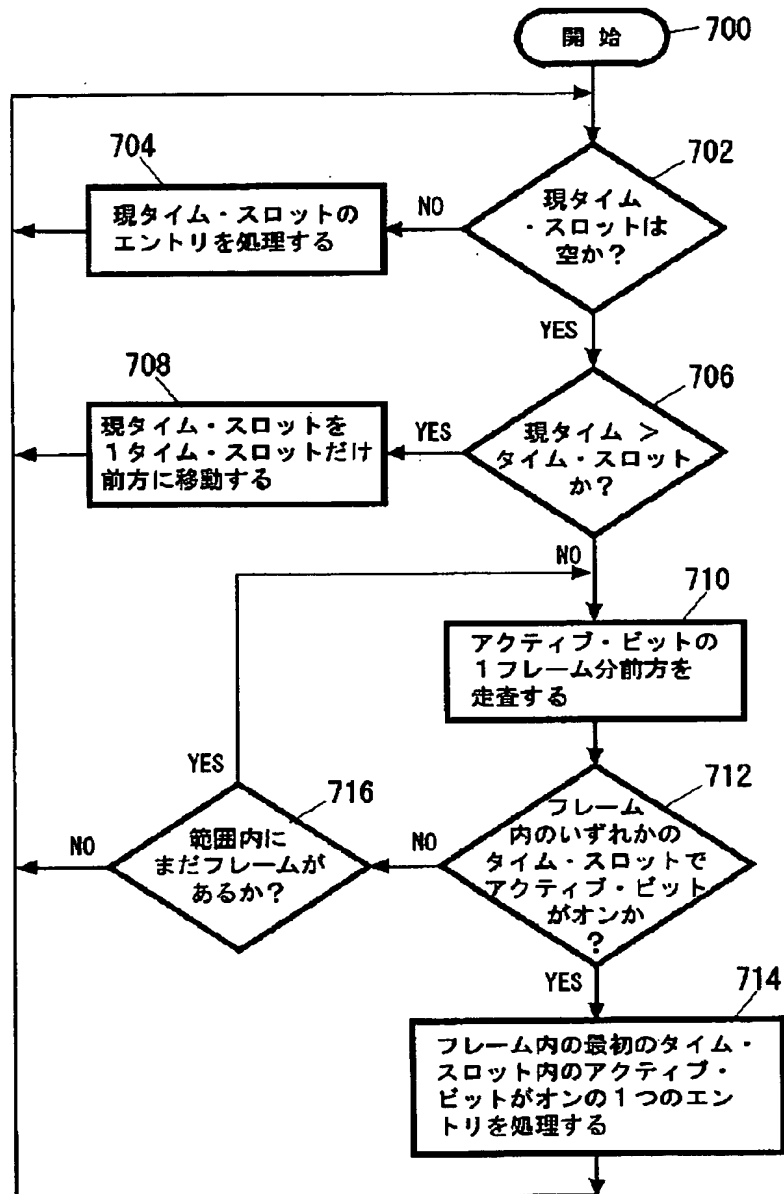
【図7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 ビクター・フィロイウ  
 アメリカ合衆国01002 マサチューセッツ州  
 アマースト ノース・プレゼント・ストリ  
 ート 990 アパートメント ビー15

(72)発明者 ロック・エイ・ゲリン  
 アメリカ合衆国10598 ニューヨーク州ヨ  
 ークタウン・ハイツ アンダーヒル・アベ  
 ニュー 810

(72)発明者 フィリップ・リン・リーチティー  
 アメリカ合衆国55901 ミネソタ州ロチェ  
 スターシャトー・ロード ノースウェスト  
 5404

(72)発明者 デービッド・リチャード・ボウルター  
 アメリカ合衆国55901 ミネソタ州ロチェ  
 スターサード・ストリート ノースウェス  
 ト 4311

(72)発明者 ヴィノド・ジェラード・ジョン・ペリス  
アメリカ合衆国10520 ニューヨーク州ク  
ロトン・オン・ハドソン バルティック・  
プレイス 22 アpartment 2 ジェイ

(72)発明者 ラージェンドラン・ラージャン  
アメリカ合衆国10591 ニューヨーク州ノ  
ース・タリータウン カレッジ・アベニュー  
52 ナンバー4ディー

(72)発明者 ジョン・ハンドリー・シャファー  
アメリカ合衆国55901 ミネソタ州ロチェ  
スターシャルドネ・レーン ノースウエス  
ト 2006